

农业产地环境安全与人类健康

周培 王鲁梅

当今中国,经济高速发展,大量工业源、生活源污染物及农用化学品等通过不同形式进入大气、土壤、水体等农业产地环境,影响农产品及其加工食品的质量,并通过食物链的传递对人类健康产生不良影响。有效控制农业产地环境质量,对从源头上保障食品安全、维护人类健康十分重要。

一、我国农业产地环境质量现状简介

据统计,我国农产品产地土壤遭受重金属污染的面积近0.2亿公顷,约占耕地总面积的五分之一^[1];受工业“三废”污染的面积已达0.1亿公顷;受不同程度大气污染的面积多达533万公顷;因固废堆积造成污染的面积超333万公顷^[2]。我国产地环境中威胁农产品质量安全的主要污染物除常规的农药、化肥和硝酸盐、重金属、农用残膜和畜禽排泄物外^[3],激素、抗生素及其抗性基因等众多新型污染物也不容忽视。我国农产品污染的主要特征为:蔬菜污染主要是农药、硝酸盐及重金属,水果污染以杀虫剂、杀菌剂和激素类为主,茶叶和粮食作物污染皆以农药和重金属为主,而水产品污染则以渔药、激素以及水中各类有害污染物为主^[4]。

二、农业产地环境质量控制几个方面

产地环境污染物的毒理、检测、预警及修复,是农业生境质量控制技术层面的四大要素。此外,在政策及管理层面上,迫切需要各级政府制定、完善相关法律、法规、标准的同时,采取有效手段加强监管力度,以真正实现农业产地环境的安全。

(一) 农业产地环境污染物的毒理及健康生物效应

农药除可产生一些大众熟知的急性毒效应外,还能影响大脑皮层、下丘脑、脑垂体等对激素的调节作用,对生物体的神经系统、免疫系统、内分泌系统、生殖系统等均有不可忽视的毒害作用,并与一些激素依赖性器官的肿瘤、癌症以及白血病发病率不断升高的趋势密切相关^[5]。在美国国家环保局(U.S. EPA)1998年8月公布的67种(类)危及人体和生物的“内分泌干扰物”中,农药就占了44种(包括2种代谢中间产物),其中除草剂、杀虫剂、杀菌剂等均有涉及。

过量施用化肥常常导致农业产地环境及农产品中硝酸盐和亚硝酸盐含量超标。硝酸盐对人体没有直接毒害作用,但进入人体后,会在硝酸盐还原菌的作用下转化为亚硝酸盐,迅速进入人体血液,与血红蛋白结合形成高铁血红蛋白,降低血液向全身的输氧能力。亚硝酸盐与二胺类物质结合还可形成强致癌物亚硝胺。农产品中,蔬菜遭硝酸盐和亚硝酸盐的污染最为严重,人体摄入的硝酸盐有81.2%来自蔬菜^[6]。

重金属污染物通过各种渠道进入农业产地环境并达到一定浓度后,首先通过土壤-植物系统对产地作物产生毒害作用,造成其生长迟缓、减产甚至枯死腐烂,并经由食物链最终进入人体。进入生物体的重金属不易被降解,在体内不断富集并与生物体内的酶、蛋白等物质结合,导致生理或代谢障碍;或与遗传物质相互作用,可能导致突变、诱发肿瘤发生及引起生物遗传缺陷等^[6]。以镉为例,镉对生物酶系统有抑制作用,影响肾、肺、肝等靶标器官的正常功能;镉还可通过干扰钙和



周培 教授



王鲁梅 博士

磷的代谢,引起内脏器官的病理变化,诱发恶名昭著的“骨痛病”;更为严重的是,镉可降低卵母细胞的受精能力和存活率等,从而导致生育能力下降甚至不孕不育;并且镉具有强烈的致畸、致癌、致突变作用等。

此外,越来越多的证据表明,因各种途径进入农业产地环境的多种新型污染物,虽然痕量存在,但其危害却不能小觑。例如,无论是人类还是野生动物,目前都生活在“环境激素的海洋”之中,这已成为殃及人类与动物生存的大问题。鉴于环境激素深远的负面效应^[7],有人甚至将其比喻为威胁人类存亡的定时炸弹。而抗生素及其抗性基因污染已经“从农场到餐桌”(from farm to fork),威胁着人类健康。抗生素在药物设计时主要是针对人体和动物体内的病原性致病菌,这就使其必然也对人体和其他有机体产生潜在的健康威胁。尤为严重的是,抗生素可诱导耐药菌株产生抗性基因(Antibiotic resistance genes, ARGs)。研究表明,抗生素抗性基因的增加和扩散,将对人类健康构成潜在威胁^[8,9]。世界卫生组织(WHO)已将抗生素抗性基因作为21世纪威胁人类健康的最重大挑战之一,并宣布将在全球范围内对控制ARGs进行战略部署。

(二) 农业产地环境污染物的检测

从源头上加强农业产地环境中污染物的检测,动态监控产地污染现状,是确保农产品安全的一个重要环节。目前污染物检测主要包括仪器分析和生物分析两类方法。仪器分析法主要有三大发展方向,一是大量采用高新技术及高新技术集成,不断提高仪器性能,并大力发展预处理技术,以进一步提高检测灵敏度、降低检测限,准确检测出复杂基质中的各种痕量、超痕量污染物,即朝更精准的方向发展;二是大量发展非传统仪器,如在线、非侵入、非破坏、原位、实时、多维、多参数、高通量分析仪器等;三是检测仪器的微型化、大众化和日用品化^[10]。生物分析法包括免疫分析法、生物传感器、蛋白芯片技术、酶分析技术和生物活体分析技术等^[11],其中免疫分析法自20世纪90年代起在世界范围内得到优先研究开发,现已趋向成熟,已建立包括杀虫剂、杀菌剂、除草剂在内的几十余种农药的酶联免疫分析方法,众多农药免疫分析试剂盒已商用推广。近年来,免疫等生物分析法用于重金属离子检测的技术也不断发展,特异性强的重金属-螯合剂免疫抗原的人工合成及其单克隆抗体制备的成功^[12,13],为研发重金属离子的酶联免疫分析方法及检测产品打下了坚实基础。此外重组单克隆抗体构建技术及核酸分子探针技术的应用,为实现重金属检测方法的广谱性提供了可能。

(二) 农业产地环境污染物的检测

随着生物传感器、纳米技术、核酸探针等新技术的不断发展,产地环境污染检测技术向自动化、快速化、精确、简便、低成本的方向发展。同时信息化技术的应用,更有利于建立完善的产地环境污染源头检测监控体系。

(三) 构建农业产地环境安全预警系统

建立农业产地环境安全预警信息系统,是加强产地环境质量的监管的基本技术需求和重要保障。安全预警系统的建立应重点关注:产地环

环境质量状况是否满足农产品的安全生产要求；农产品生产过程中有害化学物质的输入；农产品的污染链——应该将污染源、污染物在环境中的分布与形态、污染物在土壤-作物系统中的迁移转化、污染物的生态毒理效应等综合起来考虑。近年来，GIS技术的快速发展为构建农业产地环境安全预警系统提供了保障，为高效、科学、合理地进行绿色食品、有机食品的环境质量监测管理提供了新的技术支持^[14]。

（四）农业产地环境污染控制与修复

要解决农业产地环境污染问题，最重要的是从源头上加以主动性防控，杜绝污染的发生。首先，从农业本身角度上讲，需要自觉规范农业生产行为，科学、合理地使用农药、化肥；做好农药、化肥的减量化技术、农化物投入品的绿色替代技术等研发及推广；研究开发生物农药、低毒高效可降解农药和绿色环保型生物有机肥料等。此外，需要防止其它行业对农业造成的污染，包括制定工业污染的排放标准，开展节能减排技术的研究及应用等。

对已遭污染的农业产地环境的修复是确保农产品安全的当务之急，目前较为成熟的修复方法包括物理方法、化学方法和生物方法，生物修复以及联合修复是主要发展方向。针对农业产地重金属污染，利用微生物、超积累植物、植物与专性降解菌以及植物与真菌的联合修复等都是目前的研究热点^[15-17]。而微生物修复则是较为成熟、应用较多的产地农药污染修复方法，生物修复反应器、堆肥式处理、有机粘土法、生物通气法、农耕法及多种技术的联合应用等为常见形式。运用现代分子生物学与基因工程技术，对植物和微生物进行改良和优选；应用生态学原理合理搭配各种微生物，形成微生物种群；以及植物-微生物联合修复等技术方法，皆可提高修复效率，是农业产地污染物生物修复法的发展趋势^[18]。

（五）政策法规方面

虽然起步较晚，但我国政府一直致力于形成具有中国特色的环境保护政策法规体系，朝有法可依、有章可循的方向不断努力，并取得一定成绩。《农业法》、《农产品质量安全法》、《农产品产地安全管理办法》、《水污染防治法实施细则》、《基本农田保护条例》等涉及农业产地环境安全的法律条例已出台，《中国土壤污染防治法》等也正在酝酿过程中^[1]。尽管产地环境立法在不断完善，但污染现状仍愈演愈烈，究其原因主要有：法律政策有效性不足，导致虽有法规但难以具体实施；产地环境污染防治权不明，导致多部门分工不清，执法不力；法律政策仍待细化，一些针对性问题法规仍处空白等。

随着对农业产地环境安全重要性的认识逐渐加深，以及围绕农业生境一系列科学问题、技术方法研究的加强，我国政府必将进一步出台有力措施弥补上述不足，并加强法律法规体系中的预警机制建设，完善以预警机制为基础的产地环境及食品安全保护法律法规体系，明确问责制度，出台农业产地污染综合防治规划和具体实施办法，从法律、政策、行政执行等角度加强污染源的防控。

三、总结与展望

食品安全直接关系到人类健康和社会的和谐发展。为了保障食品安全，实现从农田到餐桌的全过程管理，就必须正视农业产地作为源头环境与人类健康息息相关的重要地位。迫切需要建立起产地环境污染物的生物毒性及健康效应分析、检测监控、风险评估、控制与修复等系列技术方法与完整体系，并完善法律法规、加强行政管理力度，从源头产地环境开展污染的综合防治，为食品安全和人类健康撑起一项强有力的保护伞。

作者简介

周培，男，博士，博士生导师。上海交通大学新农村发展研究院常务副院长、陆伯勋食品安全研究中心主任，农业部都市农业（南方）重点开放实验室主任。国家公益性行业（农业）科研专项经费项目首席专家，长期从事环境分子毒理与生物检测、农业生境污染防治与生物修复等方面的研究。先后主持国家及省部级科研项目近二十项。电子邮箱：peizhoujtu@163.com。

王鲁梅，女，博士，上海交通大学农业与生物学院讲师。主要从事环境污染检测、毒理等方面的研究，先后主持国家自然科学基金1项、上海市科委国际合作项目1项等。在 *Environmental Science & Technology*、*Environmental Toxicology and Chemistry* 等国内外期刊上发表论文近20篇。电子邮箱：zjuwlm@163.com。

参考文献

- [1] 中国1/5耕地受重金属污染 污染防治法正酝酿. <http://news.qq.com/a/20100203/001631.htm> (2010年10月10日登陆)。
- [2] 秦莉, 刘潇威, 周其文, 蔡彦明, 罗铭. 浅谈我国农产品产地污染监控存在的问题及对策. *农业环境与发展* 25(5):110-111, 118.
- [3] 宋启道, 方佳, 李玉萍, 李希娟. 农业产地环境污染与农产品质量安全探讨. *农业环境与发展*. 2008, 25(2):61-64.
- [4] 林玉锁. 农产品产地环境安全与污染控制. *科技与经济*. 2004, 17(4):40-44.
- [5] Casida JE. Pest toxicology: The primary mechanisms of pesticide action. *Chem Res Toxicol*. 2009, 22(4):609-619.
- [6] Aelion CM, Davis HT, McDermott S, Lawson AB. Metal concentrations in rural topsoil in South Carolina: Potential for human health impact. *Sci Total Environ*. 2008, 402(2-3):149-156.
- [7] Meeker JD. Exposure to environmental endocrine disrupting compounds and men's health. *Maturitas*. 2010, 66(3):236-241.
- [8] Martínez JL. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environ Pollut*. 2009, 157(11):2893-2902.
- [9] Zhang XX, Zhang T, Fang HHP. Antibiotic resistance genes in water environment. *Appl Microbiol Biot*. 2009, 82(3):397-414.
- [10] 金钦汉. 分析仪器的发展趋势和几种有价值的分析仪器新技术. *现代科学仪器*. 2006, 16(4):17-19.
- [11] 何永红, 高志贤, 晁福襄. 基于生物学原理的农药残留检测技术研究进展. *卫生研究*. 2004, 33(1):112-114.
- [12] Xie P, Xi T, Xu W, Fan LY, Zhang W, Zhi YE, Zhou P, Cao CX. Mercuric mercaptide of penicillenic acid, a novel hapten for relevant immunoassay, synthesized from penicillin. *J Immunol Methods*. 2010, 353(1-2):1-7.
- [13] Predenté CK, Sirios RS, Cote S. Synthesis and application of organomercury haptens for enzyme-linked immunoassay of inorganic and organic mercury. *Anal Biochem*. 2010, 404(2):179-185.
- [14] 王丽平, 顾国平, 章明奎. 我国农产品产地环境质量现状及存在问题. *安徽农学通报*. 2006, 12(12): 49-51.
- [15] Gao Y, Miao CY, Mao L, Zhou P, Jin ZG, Shi WJ. Improvement of phytoextraction and antioxidative defense in *Solanum nigrum* L. under cadmium stress by application of cadmium-resistant strain and citric acid. *J Hazard Mater*. 2010, 181(1-3):771-777.
- [16] Gao Y, Zhou P, Mao L, Zhi YE, Zhang CH, Shi WJ. Effects of plant species coexistence on soil enzyme activities and soil microbial community structure under Cd and Pb combined pollution. *J Environ Sci-China*. 2010, 22(7):1040-1048.
- [17] Gao Y, Zhou P, Mao L, Shi WJ, Zhi YE. Phytoextraction of cadmium and physiological changes in *Solanum nigrum* as a novel cadmium hyperaccumulator. *Russ J Plant Physiol*. 2010, 57(4):501-508.
- [18] Marques APGC, Rangel AOSS, Castro PML. Remediation of heavy metal contaminated soils: Phytoremediation as a potentially promising clean-up technology. *Crit Rev Env Sci Tec*. 2009, 39(8):622-654.